"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و پنجم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

برآورد ترکیب‌پذیری و عمل ژن در ارقام منتخب برنج (*Oryza sativa* L.) آسیای مرکزی و غربی

Estimation of combining ability and gene action of selected rice (*Oryza sativa* L.) cultivars from Central and West Asia

علیرضا ترنگ[۱] و علیرضا حقیقی حسنعلیده[۲]

چکیده

ترنگ، ع.ر. و ع.ر. حقیقی حسنعلیده. ۱۴۰۲. برآورد ترکیب‌پذیری و عمل ژن در ارقام منتخب برنج (*Oryza sativa* L.) آسیای مرکزی و غربی. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۳): ۴۰۴-۳۹۱.**

این پژوهش به‌منظور تعیین عمل ژن‌ها و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ارقام برنج آسیای مرکزی و غربی و شناسایی روش‌های مناسب اصلاحی، در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت انجام شد. پس از انجام تلاقی‌های مورد نظر، نتاج به‌دست‌آمده حاصل از تلاقی دای‌آلل به‌صورت طرح نیمه دای‌آلل (۸ × ۸)، همراه با والدین آن‌ها در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. نتایج حاصل از تجزیه دای‌آلل به روش گریفینگ برای محاسبه قابلیت ترکیب‌پذیری نشان داد که ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در کلیه صفات گیاهی مورد بررسی معنی‌دار بود که نشان دهنده اهمیت آثار افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات است. نسبت بیکر برای عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور در بوته و تعداد دانه پر در خوشه نشان داد که آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات سهم بالایی داشتند. مقدار نسبت بیکر در صفات ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی نشان دهنده وجود آثار افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی صفات یادشده بود. ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی نشان داد که در صفات عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه پر در خوشه و طول خوشه، بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی به‌ترتیب مربوط به رقم‌های D3، Ghadeer، Atai-1 و هاشمی بود. ارقام D3 و Marjan به‌ترتیب برای ارتفاع بوته و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی دارای کمترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی بودند. برآورد ترکیب‌پذیری خصوصی نشان داد که در صفت عملکرد دانه، تلاقی Marjan×Atai-1، در تعداد پنجه بارور تلاقی Atai-1×Ghadeer، در صفت تعداد دانه پر در خوشه تلاقی Atai-1×Marjan و در صفت طول خوشه تلاقی Marjan×Ghadeer بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی را داشتند. برآورد پارامترهای ژنتیکی تجزیه ژنتیکی دای‌آلل نشان داد که سهم اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی صفات عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد دانه پر در خوشه و طول خوشه، بیشتر از اثر افزایشی بود. بر این اساس رقم D3 (با منشاء عراق) جهت افزایش عملکرد دانه و توسعه لاین‌های پرمحصول و نیز کاهش ارتفاع بوته و رقم Marjan (با منشاء قزاقستان) جهت زودرسی، برای استفاده در تلاقی‌های هدفمند قابل پیشنهاد هستند. انتظار می‌رود در نتاج حاصل از تلاقی Marjan×Atai-1 (به‌ترتیب با منشاء افغانستان و قزاقستان)، ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد دانه بالا یافت شوند. بر اساس برآورد پارامترهای ژنتیکی تجزیه ژنتیکی دای‌آلل، استفاده از روش‌های به‌نژادی مبتنی بر تولیدارقام هیبرید جهت بهبود عملکرد دانه و کاهش ارتفاع بوته امیدبخش بوده و به‌علاوه استفاده از روش‌های به‌نژادی مبتنی بر انتخاب جهت کاهش طول دوره رشد و زودرسی، مفید خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: اثر افزایشی، اثر غالبیت، برنج، ترکیب‌پذیری خصوصی و ترکیب‌پذیری عمومی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹ این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی ۹۷۰۴۶۶-۰۲۰-۰۴-۰۴-۰ مصوب مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی می‌باشد.
۱- دانشیار مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: a_tarang@hotmail.com)
۲- استادیار مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

Estimation of combining ability and gene action of selected rice (*Oryza sativa* L.) cultivars from Central and West Asia

Tarang, A.R.[1] and Haghighi Hasanalideh, A.R.[2]

ABSTRACT

Tarang, A.R. and Haghighi Hasanalideh, A.R. 2024. Estimation of combining ability and gene action of selected rice (*Oryza sativa* L.) cultivars from Central and West Asia**. Iranian Journal of Crop Sciences. 25(3): 391-404. (In Persian).**

Introduction: Increasing rice production is one of the demands of the world market and one of the goals of many countries that produce this staple crop. Development of high yielding cultivars is one approach and perhaps the only one to supply the country's rice demand. Knowledge of the genetic parameters that control different traits, including heritability, the average degree of dominance, and gene action is very important in choosing a breeding scheme that lwads to development of improved high yielding cultivars. The diallel designs proposed by Griffing, Jinks, and Hayman provide information about the genetic suitability of parents to be used in breeding programs. This experiment was carried out to estimate the combining ability and the type of gene action of eight Central and Western Asian rice varieties using diallel crossing design.
Materials and Methods: In this experiment, eight rice varieties from Central and West Asia were used as the parents of the crosses. The progenies obtained from the diallel crossing design along with their parents were grown using randomized complete block design with three replications in the experimental field of Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran. During the growth duration, according to the standard evaluation method of the International Rice Research Institute (IRRI), the necessary evaluations for agro-morphological characteristics were carried out. Diallele analysis was performed using the second Griffing method under the first model (with fixed effect). Baker's ratio was used to determine the contribution of additive variance in the genetic control of studied traits. Also, diallel analysis proposed by Morley Jones method done to estimate gene actions and genetic variance components (additive and dominant). SAS 9.4 and DIAL98 softwares were used to perform preliminary variance and diallel analysis.
Results: The results of diallel analysis by Griffing method to estimate combining ability showed that general and specific combining ability were significant for all studied traits which indicated the importance of additive and non-additive effects in the genetic control of these traits. Baker's ratio for grain yield, number of fertile tiller number per plant and number of filled grains per panicle showed that non-additive gene effects had a significant contribution in the genetic control of these traits. The value of Baker's ratio in plant height, panicle length and number of days to 50% of flowering indicated the presence of additive and non-additive gene effects in the genetic control of the aforementioned traits. Evaluation of general combining ability showed that the highest combining ability was observed in D3, Ghadeer, Atai-1 and Hashemi cultivars for grain yield, fertile tiller number per plant, filled grains per panicle and panicle length, respectively. Also, D3 and Marjan cultivars had the lowest general combining ability for plant height and days to 50% of flowering. The estimation of specific combining ability showed that for grain yield, Atai-1×Marjan cross, for fertile tiller number per plant, Ghadeer×Atai-1 cross, for filled grains per panicle, Marjan×Atai-1 cross and for panicle length, Ghadeer×Marjan cross had the highest specific combining ability. The estimation of genetic parameters of diallel genetic analysis showed that the contribution of non-additive gene effect in the genetic control of grain yield, fertile tillers per plant, plant height, filled gains pe panicle and panicle length was higher than additive gene effect.
Conclusion: considering the resuts of this experiment, it can besuggested that D3 cultivar is suitable parent for increasing grain yield as well as reducing plant height, and Marjan cultivar is suitable parent for shortening growth duration, in targeted crosses. The results also showed that Atai-1×Marjan cross had the highest specific combining ability for grain yield. Therefore, this combination is suggested for the development of high yield potential hybrid rice cultivars. The best combination for shorter plant height was Jalal×Atai-1 cross. The estimation of genetic parameters of diallel analysis showed that designing breeding schemesfor development of hybrid rice cultivars to improve grain yield and reduce plant height will be promising. The results also indicated that the use of selection method to reduce the length of growth duration will be possible.

Key words: Additive effect, Dominance effect, General combining ability, Rice and Specific combining ability

Received: December, 2023 **Accepted: March, 2024**

1. Associate Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran (Corresponding author) (Email: a_tarang@hotmail.com)
2. Assistant Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran

مقدمه

با توجه به روند رو به افزایش جمعیت جهان و محدود بودن امکانات تولید مواد غذایی، موضوع تأمین نیازهای غذایی افراد جامعه روز به روز ابعادی گسترده‌تر می‌گیرد. در این میان، عرضه غلات در سبد مصرفی خانوارها یک معیار اساسی در تأمین امنیت غذایی جامعه محسوب می‌شود (Fallahi and Gholinezhad, 2018). افزایش تولید برنج به‌عنوان دومین غله مهم، از خواسته‌های بازار جهانی و از اهداف بسیاری از کشورهای تولیدکننده این محصول راهبردی است که هنوز فاصله زیادی بین ظرفیت‌ها و امکانات در تولید آن وجود دارد. افزایش تولید همواره یک راهبرد مهم برای کمک به افزایش امنیت غذایی بوده است (Keramat *et al.*, 2021). طبق آخرین آمار منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت برنج در ایران ۷۹۱ هزار هکتار و میزان تولید ۳/۶ میلیون تن و میانگین عملکرد آن ۴/۶ تن در هکتار است. از کل سطح زیر کشت برنج کشور، ۵۷۷ هزار هکتار، معادل ۷۳ درصد، مربوط به دو استان گیلان و مازندران و میزان تولید ۲/۶ میلیون تن است. میانگین عملکرد در این دو استان نیز ۴/۴ تن در هکتار است (Anonymous, 2023).

تولید ارقام پرمحصول، یکی از رویکردها و شاید تنها راهکار تامین برنج کشور است. طی سال‌ها، به‌نژادگران گیاهی روش‌هایی مانند انتخاب والدین مناسب جهت تلاقی، انتخاب در جمعیت‌های در حال تفرق و پیش‌بینی پاسخ به انتخاب را جهت تسهیل به‌نژادی گیاهان زراعی مورد استفاده قرار داده‌اند. در یک روش که ارزیابی ترکیب‌پذیری نامیده می‌شود، مجموعه‌ای از تلاقی‌ها در میان والدین منتخب ارزیابی شده و تلاقی هر لاین با چندین لاین دیگر، میانگین عملکرد هر لاین در تلاقی‌ها را آشکار می‌سازد. مقایسه میانگین عملکرد یک لاین با میانگین کل تلاقی‌ها توانایی ترکیب‌پذیری عمومی (General Combining Ability) نامیده می‌شود. ترکیب‌پذیری عمومی به‌عنوان میانگین کلیه نتاجی که از یک لاین در تلاقی‌ها تولید شده‌اند، محاسبه می‌شود ممکن است هر تلاقی نسبت به ارزش مورد انتظار انحراف داشته باشد که مقدار انحراف به‌عنوان ترکیب‌پذیری خصوصی (Specific Combining Ability) دو لاین در ترکیب بیان می‌شود. اختلاف بین ترکیب‌پذیری عمومی، ناشی از اثرات افزایشی ژن‌ها در جمعیت پایه است. اختلاف بین ترکیب‌پذیری خصوصی به اجزای غیرافزایشی واریانس ژنتیکی نسبت داده می‌شود. ترکیب‌پذیری عمومی، میانگین عملکرد یک لاین در تلاقی با تسترهای مختلف است، درحالی‌که ترکیب‌پذیری خصوصی، عملکرد یک گیاه در یک تلاقی مشخص را در مقایسه با سایر تلاقی‌ها نشان می‌دهد (Acquaah, 2012).

آگاهی از پارامترهای ژنتیکی کنترل‌کننده صفات از جمله وراثت‌پذیری، میانگین درجه غالبیت و نوع عمل ژن‌ها در انتخاب روش به‌نژادی بسیار مهم است. تلاقی دای‌آلل روش مفیدی جهت آگاهی از نوع عمل ژن در تبیین صفات و پیش‌بینی پیشرفت ژنتیکی است. تجزیه دای‌آلل ضمن بهره‌گیری از اصول آماری همچون واریانس و کوواریانس، از طریق برآورد پارامترهای ژنتیکی، اطلاعات لازم را برای به‌نژادگر فراهم می‌کند تا مناسب‌ترین لاین‌های خویش‌آمیخته را جهت بهبود صفات مورد نظر انتخاب کند (Griffing, 1956a). اولین مورد استفاده از تلاقی دای‌آلل در گیاهان در سال ۱۹۵۳ توسط جینکز و هیمن انجام شد. منظور از تلاقی‌های دای‌آلل، آمیزش والدین انتخاب شده در کلیه ترکیبات ممکن است (Christie and Shattuk, 1992). روش‌های دای‌آلل پیشنهاد شده توسط گریفینگ (Griffing, 1956a; Griffing, 1956b)، جینکز (Jinks, 1954) و هیمن (Hayman, 1954) اطلاعاتی را درباره ارزش اصلاحی و توانایی ژنتیکی والدین در

استفاده از برنامه‌های به‌نژادی فراهم می‌کند.

ربیعی و علی‌حسین‌طایفه (Rabiei and Ali-Hossein Tayefeh, 2015) بـا ارزیـابی نسـل‌هـای F_2 حاصـل از تلاقـی‌هـای کامـل دای‌آلـل شـش رقـم بـرنج حسـنی، شاه‌پسند، کادوس، واندانا، هاشمی، IR36 و والدین آنها گزارش کردند کـه آثـار رقـم و هتـروزیس بـرای کلیـه صـفات مـورد مطالعـه معنـی‌دار بـود کـه نشـان دهنـده واریـانس افزایشـی و غالبیـت بـرای ایـن صـفات بـود. برآورد نسبت بیکر، سهم بیشتر آثار غیرافزایشی ژن‌ها را برای مقدار آمیلوز، سهم تقریباً یکسـان آثـار افزایشـی و غیرافزایشی را برای قوام ژل و سهم بیشتر آثـار افزایشـی را برای دمای ژلاتینی‌شدن نشان داد. زربافی و همکاران (Zarbafi *et al.*, 2015) برای تعیین عمل ژن‌ها و بـرآورد وراثت‌پذیری صفات مـرتبط بـا عملکـرد دانـه در بـرنج براساس نتایج تجزیه گرافیکی هیمن گزارش کردند کـه وزن هـزار دانـه تحـت کنتـرل اثـرات غالبیـت نـاقص و سایر صفات تحت تأثیر غالبیـت کامـل تـا فـوق غالبیـت ژن‌هـا بودنـد. آنهـا گـزارش کردنـد کـه بـرای اصلاح جمعیت برنج مورد مطالعه از نظر وزن هزاردانـه می‌توان از اثـر افزایشـی ژن‌هـا اسـتفاده کـرد، امـا بـرای سایر صفات استفاده از پدیـده هتـروزیس و روش تولیـد هیبرید روش مناسبی خواهـد بـود. حیـدری و همکـاران (Heydari *et al.*, 2018) بـا اسـتفاده از شـش رقـم بـرنج سـپیدرود، آمـل۲، دانـش، آبجـی‌بـوجی، موسـی‌طـارم و صـدری بـه عنـوان پایـه مـادری (لایـن) و چهـار رقـم غریب، اوندا، فجـر و IR64724R بـه عنـوان پایـه پـدری (تسـتر) و تلاقـی بـه روش لایـن تسـتر گـزارش دادنـد کـه سـهم واریـانس غیرافزایشـی بیشـتر از واریـانس افزایشی برای صفات مورد بررسی بـود. آنهـا گـزارش کردنـد کـه از نظـر عملکـرد دانـه، تسـتر فجـر و غریـب بـه‌ترتیب بهتـرین ترکیـب‌شـونده و هیبریـد غریـب × موسـی‌طـارم بودنـد. حقیقـی حسـنعلیده و همکـاران (Haghighi Hasanalideh *et al.*, 2017) در یک آزمایش با هدف بررسی ترکیب‌پذیری ارقام و نـوع عمـل ژن‌هـا در برخی صفات مورفولوژیک در برنج گزارش کردنـد که در صفت عملکرد دانه، والـدهای IR50 و RI18447-2 دارای بیشترین مقادیر مثبت و معنی‌دار ترکیب‌پـذیری عمومی بوده و بیشترین مقدار ترکیب‌پـذیری خصوصـی در تلاقـی IR50×RI18430-46 بدسـت آمـد. الملکـی و الـدایج (El-Malky and Al-Daej, 2018) بـا ارزیـابی صـفات زراعـی بـرنج در یـک تلاقـی دای‌آلـل ۶×۶ گزارش دادند کـه ترکیب‌پـذیری عمـومی و خصوصـی بـرای کلیـه صـفات مـورد مطالعـه معنـی‌دار بـود که نشـان‌دهنده اهمیـت اثـرات افزایشی و غیرافزایشـی در کنتـرل ژنتیکـی صـفات اسـت. هیبریـد Sakha101×Fuknishiki بهتـرین ترکیـب بـرای صـفت عملکرد دانه بـود و واریـانس غالبیـت نقـش بیشـتری در وراثت‌پـذیری صـفات مـورد مطالعـه داشـت. دوی و همکـاران (Devi *et al.*, 2018) بـا ارزیـابی هشـت لایـن برنج با استفاده از طرح تلاقی دای‌آلل مستقیم گـزارش دادند که عملکرد دانه و اجزای آن تحت کنتـرل اثـرات غیرافزایشی ژن‌ها هستند. براسـاس نتـایج یـک پـژوهش بـا هـدف بررسـی تنـوع مولکـولی در ارقـام بـرنج کشـورهای آسـیای غربـی و مرکـزی بـا اسـتفاده از ۶۰ نشـانگر ریزمـاهواره و تجزیـه خوشـه‌ای، ارقـام برنج به پنج گـروه تقسیم‌بندی شـدند. نتـایج نشـان داد کـه از تلاقـی ژنوتیپ‌هـای موجـود ارزیـابی می‌تـوان بـرای ایجـاد دورگ و افـزایش عملکـرد اسـتفاده کـرد (Tarang *et al.*, 2020; Tarang *et al.*, 2021).

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش‌هـای انجـام شـده روی ژنوتیپ‌های برنج ارسالی از کشـورهای مختلـف و نتایج حاصل از فواصـل ژنتیکـی آنهـا، ایـن پـژوهش بـا هدف برآورد اثرات ژنی و ترکیب‌پذیری ارقام منتخب برنج آسیای مرکزی و غربی بـا اسـتفاده از روش تلاقـی دای‌آلل انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از هشت رقم برنج شامل رقم هاشـمی

(محلـی) و ارقـام وارداتـی بـه‌عنوان والـدین تلاقی‌هـا اسـتفاده شـد (جـدول ۱). در سـال اول (۱۳۹۹) ارقـام والد جهت انجام تلاقی‌هـای مـورد نیـاز کشـت شـدند. بـه‌منظور تضـمین هم‌زمـانی در گلـدهی و گرده‌افشـانی ارقـام، والـدین در پـنج تـاریخ بـه فاصـله هفـت روز، کاشـته شـدند. بـا شـروع مرحلـه گلـدهی، عملیـات دورگ‌گیری از اواخر تیر شـروع و تـا اواسـط شـهریور انجام شد. به‌منظور اطمینان از تولید بـذر هیبریـد کـافی، هر فقره تلاقی در چند تکرار انجام شـد تـا حـداقل ۵۰۰ بـذر حاصـل شـود. ارقـام بـرنج مـورد نظـر بـه روش نیمه‌دای‌آلل کـه فقـط شـامل تلاقی‌هـای مسـتقیم بـود، دورگ‌گیری شدند.

جدول ۱- مشخصات ارقام برنج مورد استفاده در تلاقی دای‌آلل

Table 1. Characteristics of rice cultivars used for diallel crossing

ارقام برنج Rice cultivars	Origin	منشأ	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول دوره رشد Growth duration (days)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
IR64	IRRI	موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج	100-110	110-120	5000-6000
Hashemi	Iran	ایران	130-140	110-120	4000-4500
Atai-1	Afghanistan	افغانستان	90-100	110-120	7000-8000
Jalal Abad Indica-2014	Afghanistan	افغانستان	100-110	100-110	5000-6000
Ghadeer	Iraq	عراق	90-100	135-140	5500-6500
D3	Iraq	عراق	85-95	100-110	6000-7000
Marjan	Kazakhstan	قزاقستان	80-90	90-100	3000-4000
Кара-кылтырык	Kyrgyzstan	قرقیزستان	100-120	100-110	4000-5000

در سـال دوم (۱۴۰۰) نتـاج به‌دسـت‌آمده از طـرح تلاقی دای‌آلل همـراه بـا والـدین آن‌هـا در قالـب طـرح بلوک‌هـای کامـل تصـادفی بـا سـه تکـرار در مزرعـه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت به‌صورت تک نشا کاشته شدند. ابعاد کرتهای آزمایشی دو در سه متر بوده و گیاهچه‌های برنج با فواصل ۲۰×۲۰ سانتی‌متر نشـاکاری شـدند. کلیـه مراقبت‌هـای زراعـی از قبیـل آبیـاری، کـوددهی، وجـین علف‌هـای هـرز، مبـارزه بـا آفـات و بیماری‌هـا انجـام شـد. ضـمن حـذف بوتـه‌های خارج از تیپ، ارزیابی‌های لازم بـرای صـفات عملکـرد دانه، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه پـر در خوشـه، ارتفـاع بوتـه، تعـداد روز از بذرپاشـی در خزانـه تـا مرحلـه ۵۰ درصـد گلـدهی طبـق دسـتورالعمل موسسـه بین‌المللـی تحقیقات بـرنج، انجـام شـدند. ارزیابی‌هـا روی ۲۰ بوتـه تصـادفی در هـر کـرت، از مرحلـه ظهـور خوشـه تـا رسیدگی کامل انجام شـد. بـرای انـدازه‌گیری عملکـرد دانه، محصول بوتـه‌های هـر رقـم از مـتن هـر کـرت، بـا حذف حاشیه‌ها، برداشت شد.

پس از تجزیه واریـانس داده‌هـا، در صـورت وجـود اختلاف معنی‌دار بـین ژنوتیپ‌هـای، تجزیـه دای‌آلـل بـا اسـتفاده از روش دوم گریفینـگ (Griffing, 1956b) و مـدل اول (بـا اثـر ثابـت) انجـام شـد تـا ترکیب‌پـذیری عمومی والدین و خصوصی تلاقی‌ها سـنجیده شـوند. در این مدل والـدین و نتـاج حاصـل از تلاقـی‌هـای مسـتقیم مورد بررسی قرار گرفتنـد. تجزیـه واریـانس مقـدماتی و تجزیـه دای‌آلـل بـا اسـتفاده از نـرم افزارهـای SAS 9.4 (SAS, 2016) و DIAL98 (Ukai, 2006) انجام شد. برای تعیین سهم واریانس افزایشی در کنتـرل ژنتیکـی صـفات مورد مطالعه از نسبت بیکر (Baker, 1978) اسـتفاده شـد (رابطه ۱). اگـر نسـبت بیکـر، نزدیـک یـا مسـاوی یـک باشـد، ترکیب‌پـذیری عمـومی نقـش بیشـتری داشـته و صفت مورد نظر تحت کنترل آثار افزایشی ژن‌ها خواهد بود. اگر این نسبت نزدیک یا مساوی صفر باشـد، نقـش ترکیب‌پذیری خصوصی بیشتر بوده و صفت مـورد نظـر

تحت کنترل آثار غیرافزایشی ژن‌ها خواهد بود و اگر نسبت بیکر متعادل باشد، آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفت نقش دارند (Baker, 1978).

$$\text{Baker ratio} = \frac{2MS_{GCA}}{2MS_{GCA}+MS_{SCA}}$$ (رابطه ۱)

تجزیه دای‌آلل با استفاده از روش مورلی‌جونز (Morley Jones, 1965) به منظور برآورد نوع عمل ژن‌ها و اجزای واریانس ژنتیکی (افزایشی و غالبیت) انجام شد. میانگین درجه غالبیت، میزان وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی، نسبت و توزیع آلل‌ها در والدین و سایر پارامترهای ژنتیکی شامل واریانس افزایشی (D)، واریانس‌های غالبیت (H_1) و (H_2)، پارامتر F، برآورد شدند. برای محاسبه پارامترهای ژنتیکی از رابطه‌های زیر استفاده شد:

$$D=V_{OLO} - E$$ (رابطه ۲)

$$F= 2V_{OLO} - 4W_{OLO1} - 2(n-2)E/n$$ (رابطه ۳)

$$H_1= V_{OLO} + 4V_{IL2} - (3n-2)E/n$$ (رابطه ۴)

$$H_2= 4V_{IL1} - 4 V_{OL1} - 2E$$ (رابطه ۵)

$$hh= 4(M_{L1} - M_{LO})^2 -4(n-1)E/n$$ (رابطه ۶)

V_{OLO}: واریانس والدین، W_{OLO1}: میانگین Wr، Wr: کوواریانس آرایه بین نتاج و والدین، V_{OL1}: واریانس نتاج، M_{L1}: میانگین نتاج، M_{LO}: میانگین والدین، D: واریانس افزایشی، H_1 و H_2: واریانس غالبیت، F: کوواریانس آثار افزایشی با غالبیت و hh: مجذور اختلافات والد مورد نظر با سایرین هستند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مقدماتی برای صفات مورد مطالعه نشان داد که میانگین مربعات برای ارقام برنج معنی‌دار بود و به‌دلیل تفاوت ژنتیکی معنی‌دار بین والدین و هیبریدهای مورد مطالعه، تجزیه دای‌آلل امکان‌پذیر شد. نتایج حاصل از تجزیه دای‌آلل به روش گریفینگ نشان داد که ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود که نشان دهنده اهمیت آثار افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات است. نسبت بیکر برای عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور و تعداد دانه پر در خوشه نشان داد که آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات سهم بالایی داشتند. مقدار نسبت بیکر در صفات ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی نشان دهنده وجود آثار افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی صفات یاد شده بود.

ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی نشان داد که در عملکرد دانه، بیشترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به رقم D3 (یک) و کمترین مقدار آن نیز مربوط به رقم Ghadeer (۱/۷-) بود، بنابراین می‌توان انتظار داشت که استفاده از رقم D3 در تلاقی‌ها جهت افزایش عملکرد دانه امیدبخش باشد. برای تعداد پنجه بارور، بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به والد Ghadeer (۱/۹) و کمترین مقدار آن مربوط به والد Marjan (۱/۷-) بود، بنابراین استفاده از والد Ghadeer جهت افزایش تعداد پنجه بارور در برنامه‌های اصلاحی قابل پیشنهاد است. در ارتفاع بوته، بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به والد هاشمی (۱۷/۷) بود و والد D3 (۱۴-) کمترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی را داشت، بنابراین می‌توان از والد D3 برای کاهش ارتفاع بوته در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. ترکیب‌پذیری عمومی تعداد دانه پر در خوشه در والدهای Jalal، Atai-1، D3 و IR64، مثبت و در والدهای Ghadeer، Kapa، Marjan و هاشمی منفی بود. در این بین والد Atai-1 دارای بیشترین و والد Ghadeer دارای کمترین مقادیر برای این پارامتر بودند. ترکیب‌پذیری عمومی طول خوشه در والد هاشمی (۳/۷) بیشترین مقدار و در والد D3 (۴/۷-) کمترین مقدار بود. والدین Jalal (۱/۳-)، Marjan (۷/۳-) و هاشمی (۱/۴-) مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی منفی را برای تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی داشتند (جدول ۲).

جدول ۲- ترکیب‌پذیری عمومی صفات گیاهی در ارقام والدینی برنج

Table 2. General combining ability of plant traits in rice parent cultivars

ارقام والدینی برنج Rice parent cultivars	عملکرد دانه Grain yield	تعداد پنجه بارور No. of fertile tillers	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه پر در خوشه Filled grain. panicle^{-1}	طول خوشه Panicle length	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering
Jalal	0.1	-0.7	-4.4	2.5	-0.9	-1.3
Ghadeer	-1.7	1.9	6.0	-22.2	3.5	3.5
Atai1	0.9	-0.7	-8.5	25.3	-3.7	3.7
D3	1.0	0.3	-14.0	13.1	-4.7	0.5
Kapa	0.9	0.1	8.2	-0.9	1.4	1.2
Marjan	-0.9	-1.7	-7.8	-13.9	-0.6	-7.3
Hashemi	-1.0	0.1	17.7	-15.5	3.7	-1.4
IR64	0.8	0.7	2.8	11.7	1.3	0.9
SE (g_i)	0.02	0.09	0.16	0.8	0.08	0.11

ارزیابی ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفت عملکرد دانه نشان داد که ترکیب Marjan × Atai-1 بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی را داشت و به عنوان بهترین ترکیب جهت افزایش عملکرد شناخته شد. ترکیب IR64 × Ghadeer کمترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی را داشت (جدول ۳). وجود تلاقی‌هایی با ترکیب‌پذیری خصوصی بالا که والدین آن‌ها دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالایی هستند، نشان‌دهنده برهمکنش مثبت × مثبت بین آلل‌های مطلوب والدین با اثر ژنتیکی افزایشی × افزایشی است (Raja *et al.*, 2018). نتایج برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی نشان داد که ترکیب D3 × Atai-1 که والدین آن دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالا بودند، باعث تولید هیبرید با ترکیب‌پذیری خصوصی بالا نشد. این موضوع نشان دهنده وجود آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی عملکرد دانه است. بیشینه شدن ترکیب‌پذیری خصوصی در ترکیب Marjan × Atai-1 که در آن والد Marjan دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی بود نیز مؤید وجود آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت است. نتایج نشان داد که بهترین ترکیب جهت افزایش عملکرد با زمینه رقم هاشمی، ترکیب Ghadeer × Hashemi بود. اله‌قلی‌پور و همکاران (Allahgholipour *et al.*, 2015)، کامبوج و همکاران (Kamboj *et al.*, 2017) و مادوری و همکاران (Madhuri *et al.*, 2017) نیز وجود آثار غیرافزایشی را در کنترل ژنتیکی عملکرد دانه گزارش کردند؛ درحالی‌که شبیر و همکاران (Shabbir *et al.*, 2018) مقادیر بیشتر واریانس افزایشی را نسبت به واریانس غیرافزایشی برای این صفت گزارش کردند. کریشنا و همکاران (Krishna *et al.*, 2018) استفاده از روش‌های اصلاحی مبتنی بر تلاقی را جهت بهبود عملکرد پیشنهاد کردند. برآوردهای ترکیب‌پذیری خصوصی برای تعداد پنجه بارور در بوته نشان داد که ترکیب Atai-1 × Ghadeer بیشترین مقدار (۴/۵) و تلاقی Jalal × Ghadeer کمترین مقدار (۲/۵-) را دارا بود (جدول ۳). با توجه به مقادیر بالای ترکیب‌پذیری عمومی والد Ghadeer، می‌توان گفت که این والد در تلاقی با والد Atai-1 در انتقال آلل‌های مطلوب جهت افزایش تعداد پنجه بارور مناسب‌تر بوده، ولی در تلاقی با والد Jalal، آلل‌های مطلوب آن به نتاج انتقال داده نشد. منفی شدن برآورد ترکیب‌پذیری خصوصی در ترکیب Kapa × Ghadeer (۱/۳-)که والدین آن دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت بودند، نشان می‌دهد که آثار غیرافزایشی نیز در کنترل ژنتیکی این صفت ایفای نقش می‌کنند. برآورد مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی برای ارتفاع بوته در تلاقی‌ها نشان داد که

ترکیب Marjan × Ghadeer بیشترین (۲۲/۲) و ترکیب Atai-1 × Jalal کمترین (۱۳/۸−) مقدار را دارا بودند (جدول ۳). نتایج برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای ارتفاع بوته نشان داد که ترکیب Jalal × Atai-1 که والدین آن دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی جهت کاهش ارتفاع بوته بودند، باعث تولید هیبرید با ترکیب‌پذیری خصوصی منفی شد. این موضوع نشان دهنده وجود آثار افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت است. بیشینه شدن ترکیب‌پذیری خصوصی در ترکیب Marjan × Ghadeer (۲۲/۲) نشان می‌دهد که والد Ghadeer برای انتقال آلل‌های افزایش ارتفاع بوته مناسب‌تر از والد Marjan بوده و اثر کاهشی این والد خنثی شده است. نتایج نشان داد که بهترین ترکیب جهت کاهش ارتفاع بوته با زمینه رقم هاشمی، ترکیب Ghadeer × Hashemi بود. در صفت تعداد دانه پر در خوشه، برآوردهای ترکیب‌پذیری خصوصی نشان داد که ترکیب هاشمی × Jalal (۵۰/۲−) و ترکیب Atai-1 × Marjan (۵۱) به‌ترتیب کمترین و بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی را داشتند، بنابراین والد Atai-1 و ترکیب Atai-1 × Marjan به‌ترتیب بهترین ترکیب شونده و بهترین ترکیب جهت بهبود این صفت بودند. برتری والد Atai-1 در تلاقی با والد Marjan و

جدول ۳- ترکیب‌پذیری خصوصی صفات صفات گیاهی در ارقام والدینی برنج

Table 3. Specific combining ability of plant traits in rice parent cultivars

ارقام والدینی برنج Rice parent cultivars	عملکرد دانه Grain yield	تعداد پنجه بارور در بوته No. of fertile tillers	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه پر در خوشه Filled grain. panicle^{-1}	طول خوشه Panicle length	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering
2×1	1.2-	-2.5	18.3	-31.4	2.6	5.7
3×1	-0.3	-0.5	-13.8	6.1	-2.2	-6.5
4×1	1.4	0.5	-2.3	17.2	0.0	-7.3
5×1	2.1	1.7	9.5	7.8	-0.5	4.0
6×1	0.7	1.0	-10.5	-0.2	1.1	-2.5
7×1	-2.8	2.7	3.5	-50.2	4.8	-0.4
8×1	2.3	3.2	5.0	11.1	3.0	2.3
3×2	0.5	4.5	5.8	-22.7	-1.4	-0.3
4×2	-0.5	3.0	-0.7	-24.5	-1.8	2.9
5×2	-2.5	-1.3	16.7	-33.0	3.1	0.2
6×2	-1.1	3.0	22.2	-23.0	6.1	-2.3
7×2	3.6	0.2	-5.3	38.1	-1.7	-7.2
8×2	-3.1	1.2	10.1	-43.1	1.7	1.5
4×3	-1.0	-0.5	4.7	-5.0	0.4	-0.3
5×3	0.8	-0.3	1.6	8.5	1.1	-2.0
6×3	3.8	0.0	-6.9	51.0	1.1	9.5
7×3	-0.8	1.7	9.6	-38.9	2.0	1.6
8×3	1.7	2.2	-5.5	-0.6	0.8	1.3
5×4	1.2	0.8	-1.4	-3.8	-1.3	1.2
6×4	0.4	0.1	0.1	-3.8	1.9	-1.3
7×4	0.1	0.8	1.1	3.2	1.5	-4.2
8×4	2.2	2.2	-2.0	29.5	0.6	-2.5
6×5	2.5	1.8	-12.1	50.7	-1.7	1.0
7×5	1.5	1.0	7.9	7.3	5.5	5.1
8×5	2.4	1.4	1.9	11.1	-0.8	1.8
7×6	-1.7	1.3	9.9	-33.7	-2.0	4.6
8×6	-1.1	-2.3	4.4	-14.4	1.9	0.3
8×7	1.2	0.4	2.4	-7.4	-0.7	-2.6
SE (s_{ij})	0.07	0.3	0.4	2.1	0.2	0.3

1; Jalal, 2; Ghadeer, 3; Atai-1, 4; D3, 5; Kapa, 6; Marjan, 7; Hashemi and 8; IR64

نامناسب بودن در تلاقی با والد هاشمی برای انتقال آلل‌های مطلوب جهت افزایش تعداد دانه پر در خوشه، نشان می‌دهد که تنها آثار افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت دخیل نیستند، بلکه آثار غیرافزایشی و اپیستازی نیز در کنترل ژنتیکی تعداد دانه پر در خوشه نقش دارند. برای طول خوشه، ترکیب‌پذیری خصوصی در ترکیب Marjan ×Ghadeer بیشترین مقدار (۶/۱) و در ترکیب Jalal ×Atai-1 کمترین مقدار (۲/۲-) را داشتند. در صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، کمترین ترکیب‌پذیری خصوصی (۷/۳-) در ترکیب Jalal × D3 مشاهده شد و به‌عنوان بهترین ترکیب برای کاهش تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی شناخته شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که بهترین ترکیب جهت کاهش طول دوره رشد با زمینه رقم هاشمی ترکیب Ghadeer × Hashemi بود، بنابراین در جمعیت حاصل از این تلاقی می‌توان انتظار داشت که ژنوتیپ‌هایی با طول دروه رشد کوتاه و زمینه ارقام محلی یافت شود. زمان ظهور خوشه یک صفت پیچیده است که به‌وسیله عوامل محیطی، ژنتیکی و اپی‌ژنیک کنترل می‌شود. تعداد ژن‌های کنترل کننده این صفت زیاد بوده و هر کدام اثر کمی در بروز این خصوصیت دارند که در تعامل نزدیک با عوامل محیطی مانند طول روز و دما بیان شده ویا سرکوب می‌شوند (Liu *et al.*, 2006).

نتایج آزمون شیب خط رگرسیون Wr روی Vr، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار از یک و عدم اختلاف معنی‌دار از صفر برای کلیه صفات مورد بررسی بود (جدول ۴). برآورد پارامترهای ژنتیکی تجزیه دای‌آلل (جدول ۵) نشان داد که در عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد دانه پر در خوشه و طول خوشه، مقدار جزء افزایشی (D) نسبت به دو جزء واریانس غالبیت (H_1 و H_2) کمتر بود که نشان دهنده سهم بیشتر اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت است. بزرگ‌تر بودن پارامتر H_1 نسبت به پارامتر H_2 در صفات عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد دانه پر در خوشه، طول خوشه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، نشان می‌دهد که اکثر ژن‌های دخیل در بروز این صفت، دارای اثرات مثبت هستند. بزرگ‌تر بودن میانگین درجه غالبیت ژن‌ها از یک در صفات عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور و تعداد دانه پر در خوشه، نشان داد که این صفات تحت تاثیر اثر فوق غالبیت ژن‌ها هستند. برابر بودن میانگین درجه غالبیت با یک در صفات ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، نشان می‌دهد که این صفات تحت تأثیر غالبیت کامل بودند.

جدول ۴- نتایج آزمون مقدماتی هیمن برای ضریب رگرسیون Wr روی Vr در تلاقی دای‌آلل ارقام برنج

Table 4. Heyman's preliminary test for the regression coefficient of Wr on Vr in diallel crossing of rice cultivar

Plant traits	صفات گیاهی	ضریب رگرسیون (b)	t-test (H_0: b=0)	t-test (H_0: b=1)
Grain yield	عملکرد دانه	0.52	2.48 *	2.27 ^{ns}
N0. of fertile tillers	تعداد پنجه بارور	0.59	0.08 *	3.52 ^{ns}
Plant height	ارتفاع بوته	0.72	2.67 *	1.04 ^{ns}
Filled grain.panicle^{-1}	تعداد دانه پر در خوشه	0.67	2.61 *	1.23 ^{ns}
Panicle length	طول خوشه	0.70	3.04 **	1.30 ^{ns}
Days to 50% flowering	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی	0.94	2.18 *	0.14 ^{ns}

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۵- برآورد پارامترهای ژنتیکی برای صفات گیاهی در تلاقی دای‌آلل ارقام برنج

Table 5. Estimation of genetic parameters for the plant traits in diallel crossing of rice cultivars

Statistic	آماره	عملکرد دانه Grain yield	تعداد پنجه بارور در بوته No. of fertile tillers	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه پر در خوشه Filled grain.panicle^{-1}	طول خوشه Panicle length	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering
D	واریانس افزایشی	1.2	2.14	273.73	896.4	23.68	71.33
H_1	واریانس غالبیت	20.9	24.57	640.81	4668.3	25.87	89.45
H_2	نوع دیگر واریانس غالبیت	15.4	22.51	429.16	3117.5	22.25	68.57
F	میانگین کوواریانس اثرات افزایشی و غالبیت	0.6	-1.72	-49.06	1207.8	-14.09	44.14
0.25sqr(H1/D)	میانگین درجه غالبیت	4.17	3.39	1.53	2.28	1.05	1.12
uv	توازن آلل‌های مثبت و منفی	0.18	0.23	0.17	0.17	0.22	0.19
kd/(kd+kr)	نسبت ژن‌های غالب	1.12	0.79	0.89	1.84	0.56	1.76
h^2_n	وراثت‌پذیری خصوصی	0.43	0.34	0.71	0.44	0.79	0.58
h^2_b	وراثت‌پذیری عمومی	0.95	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

D; Additive variance, H1; Dominance variance, H2; proportion of positive and negative genes in the parents, F; Relative frequency of dominant and recessive allels, 0.25sqr(H1/D); Average degree of dominance, (kd/kd+kr); Proportion of dominance genes, uv; Balance of positive and negative alleles, (h^2_b); Broad-sense heritability, (h^2_n); Narrow-sense heritability

در عملکرد دانه، مقدار وراثت‌پذیری عمومی (۰/۹۵) در مقابل وراثت‌پذیری خصوصی (۰/۴۳) نشان داد که با اینکه عملکرد دانه بیشتر تحت کنترل اثرات ژنتیکی است تا محیطی، ولی اثرات افزایشی نقش چندانی در وراثت‌پذیری این صفت ندارند، بنابراین استفاده از روش‌های اصلاحی مبتنی بر تولید ارقام هیبرید، جهت بهبود عملکرد دانه امیدبخش خواهد بود. حیدری و همکاران (Heydari *et al.*, 2020) نیز مقادیر بالای وراثت‌پذیری عمومی را برای این صفت گزارش کردند. برای تعداد پنجه بارور، مقدار منفی پارامتر F و همچنین نسبت ژن‌های غالب kd/(kd+kr) (۰/۷۹) نشان داد که در والدین مورد استفاده، فراوانی آلل‌های مغلوب نسبت به آلل‌های غالب بیشتر است، صرف‌نظر از اینکه آلل‌های غالب دارای اثر افزایشی و یا کاهشی باشند. شاخص نسبت ژن‌های دارای اثرات مثبت و منفی برای تعداد پنجه بارور در بوته ۰/۲۳ بود که نشان می‌دهد فراوانی ژن‌های مثبت و منفی در والدین متوازن است (جدول ۵). بالا بودن مقدار وراثت‌پذیری عمومی (۰/۹۹) در مقابل وراثت‌پذیری خصوصی (۰/۳۴) پایین، نشان داد که با اینکه این صفت تحت کنترل اثرات ژنتیکی هستند تا محیطی، ولی اثرات افزایشی نقش چندانی در وراثت‌پذیری این صفت ندارند. برای تعداد دانه پر در هر خوشه بزرگتر بودن برآورد آماره نسبت ژن‌های غالب (۱/۸۴) از ۰/۵ و مقدار مثبت پارامتر F (۱۲۰۷/۸) نشان می‌دهد که اکثر ژن‌ها در والدین، ژن‌های دارای آلل‌های غالب هستند. انحراف برآورد آماره توازن آلل‌های مثبت و منفی (۰/۱۷) از ۰/۲۵ نشان داد که توزیع آلل‌های مثبت و منفی در والدین یکسان نیست. بالا بودن وراثت‌پذیری عمومی (۰/۹۹) در مقابل مقدار متوسط وراثت‌پذیری خصوصی (۰/۴۴) نشان می‌دهد که با اینکه این صفات تحت کنترل اثرات ژنتیکی هستند تا محیطی، ولی اثرات غیرافزایشی نقش مهمی در وراثت‌پذیری این صفت ایفا می‌کنند. در صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، برآورد پارامتر نسبت ژن‌های غالب (۱/۷۶) بزرگ‌تر از ۰/۵ بود، بنابراین نسبت ژن‌های غالب به مغلوب بیشتر است. مثبت بودن پارامتر F و انحراف پارامتر uv از ۰/۲۵ نیز این مطلب را تأیید نمود، گرچه این اختلاف اندک بود. بالا بودن مقدار وراثت‌پذیری عمومی (۰/۹۹) و مقدار متوسط وراثت‌پذیری خصوصی (۰/۵۸) نشان داد که

تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی بیشتر تحت کنترل اثرات ژنتیکی هستند تا محیطی و اثرات افزایشی نیز در وراثت‌پذیری این صفت نقش دارند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه دای‌آلل به روش گریفینگ برای محاسبه قابلیت ترکیب‌پذیری ارقام برنج نشان داد که ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود که نشان دهنده اهمیت آثار افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات بود. ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی نشان داد که در صفات عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه پر در خوشه و طول خوشه، بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی به ترتیب در رقم‌های D3 (با منشاء عراق)، Ghadeer (با منشاء عراق)، Atai-1 (با منشاء افغانستان) و هاشمی مشاهده شد. همچنین، ارقام D3 و Marjan (با منشاء قزاقستان) به‌ترتیب برای صفات ارتفاع بوته و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، دارای کمترین مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی بودند، بنابراین رقم D3 جهت افزایش عملکرد دانه و توسعه لاین‌های پرمحصول و نیز کاهش ارتفاع بوته و رقم Marjan جهت کاهش طول دوره رشد و زودرسی، جهت استفاده در تلاقی‌های هدفمند قابل توصیه هستند. قابلیت ترکیب پذیری خصوصی بالا در برخی از ترکیب‌ها از جمله Atai-1 × Marjan، پتانسیل تولید ارقام هیبرید با عملکرد بالا را نشان می‌دهد. بهترین ترکیب جهت کاهش ارتفاع بوته، ترکیب Jalal × Atai-1 بود. نتایج نشان داد که بهترین ترکیب برای افزایش عملکرد دانه، کاهش ارتفاع بوته و طول دوره رشد در ترکیب‌هایی که یک طرف آن والد هاشمی بود، ترکیب Ghadeer × Hashemi بود، بنابراین می‌توان انتظار داشت که در جمعیت‌های خویش‌آمیخته نوترکیب حاصل از این تلاقی، بتوان لاین‌هایی با عملکرد بالا، طول دوره رشد کوتاه و ارتفاع بوته کم و کیفیت دانه مطلوب را بدست آورد. برآورد پارامترهای ژنتیکی تجزیه ژنتیکی دای‌آلل نشان داد که سهم اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی صفات عملکرد دانه و ارتفاع بوته، بیشتر از اثر افزایشی بود، بنابراین استفاده از روش‌های اصلاحی مبتنی بر پتانسیل هیبرید جهت بهبود عملکرد دانه و کاهش ارتفاع بوته در برنج امیدبخش خواهد بود. نتایج این تحقیق نشان داد که اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی صفت روز تا ۵۰ درصد گلدهی نقش دارد، بنابراین استفاده از روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب جهت کاهش طول دوره رشد وزودرسی، مفید خواهد بود.

در صورت تمایل بخش سپاسگزاری از افراد و یا موسسات در این بخش درج شود

سپاسگزاری

این مقاله نتایج پروژه تحقیقاتی شماره ۹۷۰۴۶۶-۰-۰۴-۰۴-۰۲۰ مصوب مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی می‌باشد. از تمام افرادی که در اجرای این پروژه همکاری داشتند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Acquaah, G. 2012. Principles of plant genetics and breeding, (2nd Ed). Wiley-Blackwell, Oxford. https://doi.org/10.1002/9781118313718

Allahgholipour, M., Farshdfar, E. and Rabiei, B. 2015. Combining ability and heritability of selected rice varieties for grain yield, its components and grain quality characters. *Genetika*, 47(2), pp.559-570. https://doi.org/10.2298/GENSR1502559A

Anonymous. 2023. Agricultural Statistics of the Cropping Year 2021-22, Crop and Horticulture Plants: Vol. I: Crop Plants. Information and Communication Technology Center, Department of Economy and Planning Publication, Ministry of Agriculture-jahad. [In Persian].

Baker, R.J. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Science,* 18, pp.533-536.

Christie, B.R. and Shattuck, V.I. 1992. The Diallel Cross: Design, Analysis, and Use for Plant Breeders. *In:* Plant Breeding Reviews, Volume 9 (Ed J. Janick), John Wiley and Sons, Incorporation, Oxford, UK. https://doi.org/10.1002/9780470650363.ch2

Devi, K.R., Venkanna, V., Chandra, B.S. and Hari, Y. 2018. Gene action and combining ability for yield and quality traits in rice (*Oryza sativa* L.) using diallel analysis. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(1), pp.2834-2843. http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.338

El-Malky, M.M. and Al-Daej, M. 2018. Studies of genetic parameters and cluster analysis of some quantitative characters through diallel analysis of rice (*Oryza Sativa* L.). *Vegetos*, 31, pp.1-10. https://doi.org/10.4172/2229-4473.1000377

Fallahi, E. and Gholinezhad, S. 2018. Integrated management strategies for inputs demand and output supply of rice in Mazandaran province. *Agricultural Economics Research*, 9(36), pp.1-22. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086407.1396.9.36.1.2

Griffing, B. 1956a. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, 10, pp.31-50. https://doi.org/10.1038/hdy.1956.2

Griffing, B. 1956b. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9(4), pp.463-493. https://doi.org/10.1071/BI9560463

Haghighi Hasanalideh, A., Farshadfar, E. and Allahgholipour, M. 2017. Heterosis and diallel analysis for yield and some morphological traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Cereal Research, 7*(3), pp.331-341. [In Persian]. https://doi.org/10.22124/c.2018.7126.1284

Hayman, B.I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 39, pp.789-809. https://doi.org/10.1093/genetics/39.6.789

Heydari, R., Bagheri, N., Babaeian Jelodar, N. and Najafi Zarrin, H. 2018. Estimation of combining ability and gene action for some nutritional and cooking quality related characteristics in rice (*Oryza sativa* L.). *Seed and Plant Journal*, 34(3), pp.287-306. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/spij.2020.119083

Heydari, R., Bagheri, N., Babaeian Jelodar, N. and Najafi Zarrini, H. 2020. Inheritance and heterosis some of traits related to nutritional value and physical quality of rice grain. *Journal of Plant Production Research,* 27(1), pp.143-163. https://doi.org/10.22069/jopp.2020.16002.2438

Jinks, J.L. 1954. The analysis of continuous variation diallel crosses of *Nicotina rustica* varieties. *Genetics*, 41, pp.451-459. https://doi.org/10.1093/genetics/39.6.767

Kamboj, G., Kumar, P. and Singh, D. 2017. Estimates of combining ability and standard heterosis for grain

yield and various agromorphological traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Applied and Natural Science*, 9(1), pp.526-532. https://doi.org/10.31018/jans.v9i1.1224

Keramat, S., Torabi, B., Soltani, A. and Zeinali, E. 2021. Evaluation of rice production potential and yield gap in Iran using SSM-iCrop2 model. *Cereal Research*, 11(3), pp.175-191. [In Persian]. https://doi.org/10.22124/cr.2022.20959.1696

Krishna, L., Raju, C. S., Kumar, S.S., Bhadru, J. and Mohan, Y.C. 2018. Genetics of quality and yield traits using aromatic and non-aromatic genotypes through generation mean analysis in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(1), pp.2907-2914. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.347

Liu, Q.Q., Li, Q.F., Cai, X.L., Wang, H.M., Tang, S.Z., Yu, H.X., Wang, Z.Y. and Gu, M.H. 2006. Molecular marker-assisted selection for improved cooking and eating quality of two elite parents of hybrid rice. *Crop Science*, 46, pp.2354-2360. https://doi.org/10.2135/cropsci2010.02.0122

Madhuri, R., Shivakumar, N., Bindhu, K.G., Lohithaswa, H.C. and Pavan, R. 2017. Gene action and combining ability estimates of newly developed CMS based heterotic rice hybrids (*Oryza sativa* L.). *Journal of Applied and Natural Science*, 9(3), pp.1557-1565. https://doi.org/10.31018/jans.v9i3.1401

Morley Jones, R. 1965. Analysis of variance of the half diallel table. *Heredity*, 20(1), pp.117-121. https://doi.org/10.1038/hdy.1965.12

Rabiei, B. and Ali-Hossein Tayefeh, S. 2015. Evaluating of gene actions controlling grain cooking quality related traits in rice varieties. *Cereal Research*, 5(1), pp.17-31. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22520163.1394.5.1.2.3

Raja, K.P., Reddy, V.R. and Vennila, S. 2018. Additive and dominance gene effects in rice (*Oryza sativa* L.) hybrids through line × tester analysis. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), pp.3929-3932.

SAS Institute Inc. 2016. SAS 9.4 Software, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Shabbir, G., Husnain, S., Mehdi, S.M. and Ehsan, M. 2018. Combining ability studies in rice through 6 × 6 diallel cross analysis. *Journal of Agricultural Research*, 55(4), pp.591-600.

Tarang, A., Kordrostami, M., Shahdi Kumleh, A., Hosseini Chaleshtori, M., Forghani Saravani, A., Ghanbarzadeh, M. and Sattari, M. 2020. Study of genetic diversity in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars of Central and Western Asia using microsatellite markers tightly linked to important quality and yield related traits. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67, pp.1537-1550. https://doi.org/10.1007/s10722-020-00927-2

Tarang, A.R., Hosseini Chaleshtori, M., Shahdi Kumleh, A., Rahim Soroush, H., Allahgholipour, M. and Haghighi Hasanalideh, A.R. 2021. Evaluation and grouping of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes of Central and West Asia using agronomic traits and grain yield. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 23(2), pp.223-236. http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1400.23.3.3.1

Ukai, Y. 2006. DIAL98. A package of progams for the analyses of a full and half diallel table with the methods

by Hayman (1954), Griffing (1954) and others. Available from: http://lbm.ab.a.utokyo.ac.jp/~ukai/dial98.html

Zarbafi, S.S., Rabiei, B. and Allahgholipour, M. 2015. Genetic analysis of grain yield related traits in rice. *Journal of Crop Production and Processing*, 4(14), pp.161-173. [In Persian]. http://dorl.net/dor/20.1001.1.22518517.1393.4.14.14.4